ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРИЗОВАННЫЕ МНОГОЗНАЧНЫЕ ЛОГИКИ

Ивашенко В. П.
Кафедра интеллектуальных информационных технологий,
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлекторoники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: ivashenko@bsuir.by

Рассматриваются подход к параметризованному представлению онтологических структур, на основе пространства их образов и их признаков и в параметризованных нечётких логических моделях.

Введение

В интеллектуальных системах при обработке знаний одним из важных принципов является принцип учёта НЕ- факторов знания. Нечёткость является одним из НЕ- факторов знания. Нечёткая логика относится к многозначным логикам. Многозначные логики, так же могут использоваться для выражения других НЕ- факторов: неопределённости (логика неопределённости Клини), неточности (Логика Н.А. Васильева и многозначные логики) и т.д.

Для разных видов НЕ- факторов и условий их проявления существуют логики (или частные разновидности логик), ориентированные на поддержку их представления (выражения). Однако, не всегда эти логики (или их разновидности) взаимосвязаны и легко совместимы. Взаимосвязанность логик (и их разновидностей) подразумевает возможность простого, плавного (непрерывного) перехода от одной из них к другой.

С другой стороны существуют математическая параметризация базовых структур и абстракций, используемых для построения этих логик. Эта параметризация может обеспечивать взаимосвязь логик, однако эта взаимосвязь носит зачастую крайне абстрактный характер и её проблематично выразить на предметно- онтологическом уровне.

I. Конъюнкция в многозначных логиках

В нечёткой логике конъюнкция выражается треугольной нормой. Треугольная норма может быть порождена с помощью аддитивного (мультипликативного) генератора из монотонно либо возрастающих, либо убывающих функций с областью определения $[0;1]$ и областью прибытия $[0;+\infty]$ ($[0;1]$).

Любая непрерывная треугольная норма может быть выражена строго убывающей биекцией f на интервале $[0;1]$ и прямой суммой треугольных норм: Гёделя (min), произведения ($*$), Лукасевича τ_L.

$$\tau_I^f(x,y) =$$

$$f\left(\min_{\langle \tau_i, a_i, b_i\rangle \in I} \begin{cases} a_i + (b_i - a_i) * \tau_i\left(\frac{x-a_i}{b_i-a_i}, \frac{y-a_i}{b_i-a_i}\right) \\ \min(x,y) \end{cases}\right)$$

$$\tau_i \in \{\min, *, \tau_L\}$$

Кроме этого существуют параметризованные семейства треугольных норм (семейство Швейцера- Скляра и семейство Франка), которые включают три перечисленные треугольные нормы (семейство Швейцера- Скляра также включает драстическое произведение).

В общем случае треугольные нормы семейства Швейцера- Скляра выражаются:

$$\left(\max\left(0, x^p + y^p - 1\right)\right)^{1/p}$$

В общем случае треугольные нормы семейства Франка выражаются:

$$\log_p\left(1 + \frac{(p^x - 1) * (p^y - 1)}{(p-1)}\right)$$

Будем рассматривать нечёткость как усредненную характеристику по экстенсионалу понятия, выражаемого предикатом.

$$P(x) = \curlywedge y R(y,x)$$

В случае конечного экстенсионала, например:

$$\curlywedge y R(y,x) = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^{n} R(y,x)$$

В общем случае среднее не обязательно является средним арифметическим, но задаёт (монотонную) нечёткую меру.

II. Параметризованные многозначные логики

Кроме экстенсионала понятие обладает интенсионалом. Рассмотрим пространство образов для соответствуюшего (двоичного) признакового пространства.

$$P = \{0,1\}^k$$

Каждый предикат предлагается параметризовать вектором пространства образов.

10	11	01	00	00	00	00	00
10	11	11	11	01	00	00	00
10	10	11	11	01	01	00	00
10	10	10	11	01	01	01	00
10	10	10	10	01	01	01	01
11	11	11	11	00	00	00	00
11	11	00	00	00	00	00	00
11	11	10	10	00	00	00	00

Для параметра треугольных норм семейства Швейцера- Скляра введём преобразование для отображения на интервал $[-1;1]$:

$$c = \frac{p}{p-2}$$

и обратное преобразование:

$$p = \frac{2*c}{c-1}$$

Аналогично для параметра треугольных норм семейства Франка введём преобразование для отображения на интервал $[-1;1]$:

$$g = \frac{1-p}{1+p}$$

и обратное преобразование:

$$p = \frac{g+1}{g-1}$$

Ниже в таблицах приведены примеры для заданных векторов пространства образов, параметр p в таблице 1 определялся из выполнения условия:

$$(p^x - 1)*(p^y - 1) = (p^z - 1)*(p - 1)$$

Таблица 1 – Значение параметров по Франку

	x	y	$\tau(x,y$	p	g	cos	
	1/4	1/4	1/8	0.027	0.95	1/2	
	1/2	1/2	3/8	0.008	0.99	1/2	1/2
	1/2	1/2	1/4	1	0	0	0
	1/2	1/2	1/8	131.	-.99	-1/2	-1/2
	1/2	1/2	0	$+\infty$	-1	-1	-1
	1/2	1/2	1/2	0	1	1	1
	1/4	1/4	1/4	0	1	1	1
	1/2	1/4	1/4	0	1	1/2	1

В столбце cos вычислен косинус угла между векторами пространства образов, где 1 трактуется как 1, а 0 – как -1.

Таблица 2 – Значение параметров по Швейцеру- Скляру

	x	y	$\tau(x,y$	p	c	cos	
	1/4	1/4	1/8	-0.69	0.26	1/2	
	1/2	1/2	3/8	-1.9	0.49	1/2	1/2
	1/2	1/2	1/4	0	0	0	0
	1/2	1/2	1/8	0.69	-.53	-1/2	-1/2
	1/2	1/2	0	1	-1	-1	-1
	1/2	1/2	1/2	$-\infty$	1	1	1
	1/4	1/4	1/4	$-\infty$	1	1	1
	1/2	1/4	1/4	$-\infty$	1	1/2	1

В параметризованной нечёткой логике нечёткие логические n-арные операции принадлежат ко множеству:

$$([1;0] \times P)^{([1;0]\times P)^n}$$

Каждый аргумент кроме нечёткой степени истинности содержит вектор пространства образов.

Каждая операция φ_λ^P вычисляет кроме степени истинности вектор пространства образов с помощью $\psi_P(x_2, y_2)$.

$$\varphi_\lambda^P(x, y) = \left\langle \varphi_{\lambda(x_2,y_2)}(x_1, y_1), \psi_P(x_2, y_2) \right\rangle,$$

где $\varphi_{\lambda(x_2,y_2)}$ – нечёткая операция из параметризованного семейства нечётких операций, а ψ_P – операция вычисляющая вектор пространства образов. Для конструктивного определения параметризованной логики необходимо определить функции над векторами $\varphi_{\lambda(x_2,y_2)}$ и ψ_P.

III. Заключение

Введено понятие операций параметризованной нечёткой логики, с целью интерпретации операций и выражений нечёткой логики на онтологических моделей, для которых задаётся пространство образов и соответствующее признаковое пространство.

1. What is Artificial Intelligence (AI)? Режим доступа: https://www.ibm.com/topics/artificial-intelligence Дата доступа: 13.10.2023.
2. Ивашенко, В. П. Модели решения задач в интеллектуальных системах. В 2 ч. Ч. 1 : Формальные модели обработки информации и параллельные модели решения задач : учеб. метод. пособие / В. П. Ивашенко. -– Минск : БГУИР, 2020. — 79 с.
3. The standardization of intelligent computer systems as a key challenge of the current stage of development of artificial intelligence technologies / V. V. Golenkov [et al.] // Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2020) : сборник научных трудов / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. В. Голенков (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2020. – Вып. 4. – С. 73–88.
4. Нейросетевые технологии обработки данных : учеб. пособие / В. А. Головко, В. В. Краснопрошин. – Минск : БГУ, 2017. – 263 с.
5. Grattarola, D. Livi, L. Alippi, C. Learning Graph Cellular Automata / D. Grattarola, L. Livi, C. Alippi, 2021, 2110.14237, arXiv.
6. Ивашенко, В. П. Операционная семантика многоагентных систем обработки знаний. / В. П. Ивашенко // Информационные технологии и системы 2020 (ИТС 2020). – Минск: БГУИР, 2020. – С. 78–79.
7. Ivashenko, V. Semantic space integration of logical knowledge representation and knowledge processing models = Интеграция логических моделей представления и обработки знаний в смысловом пространстве / V. Ivashenko // Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS) : сборник научных трудов / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. В. Голенков [и др.]. – Минск, 2023. – Вып. 7. – С. 95–114.
8. Ivashenko, V. Structures an Measures in Knowledge Processing Models / V. Ivashenko // PRIP'2023 proceedings. – Minsk, BSU, 2023. (in press)